

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants: Yoshiki KUHARA et al.

Serial No.: New

Group Art Unit: Unassigned

Filed : February 2, 2001

Examiner: Unassigned

For : OPTICAL COMMUNICATION DEVICE

CLAIM FOR FOREIGN PRIORITY


Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

Under the provisions of Section 119 of 35 U.S.C., Applicants hereby claim the benefit of Japanese application No. 2000-031891 filed in Japan on 9 February 2000, relating to the above-identified United States patent application.

In support of Applicants' claim for priority, a certified copy of said Japanese application is attached hereto.

Respectfully submitted,  
SMITH, GAMBRELL & RUSSELL, LLP

By:   
Michael A. Makuch, Reg. No. 32,263  
1850 M Street, N.W., Suite 800  
Washington, D.C. 20036  
Telephone: (202) 659-2811  
Facsimile: (202) 263-4329

February 2, 2001

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2000年 2月 9日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2000-031891

出 願 人  
Applicant(s):

住友電気工業株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2000年12月 1日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3098242

【書類名】 特許願

【整理番号】 099H0777

【提出日】 平成12年 2月 9日

【あて先】 特許庁長官 近藤 隆彦 殿

【国際特許分類】 G02B 06/42

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号住友電気工業株式会社大阪製作所内

    【氏名】 工原 美樹

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号住友電気工業株式会社大阪製作所内

    【氏名】 山林 直之

【特許出願人】

    【識別番号】 000002130

    【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

    【代表者】 岡山 紀男

【代理人】

    【識別番号】 100079887

    【住所又は居所】 大阪府大阪市東成区中道3丁目15番16号毎日東ビル  
7 0 5

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 川瀬 茂樹

    【電話番号】 06-6974-6321

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 000516

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9715687

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光通信装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板の上に光素子と光導波機構とを組み合わせる光通信装置において、信号光波長とは異なる監視光波長のみを反射する監視光反射用グレーティングを基板上の光導波機構に形成したことを特徴とする光通信装置。

【請求項 2】 光導波機構が石英系光ファイバであり、光ファイバの上に監視光反射用グレーティングを形成したことを特徴とする請求項 1 に記載の光通信装置。

【請求項 3】 光導波機構が Si 基板もしくは石英系ガラス基板上に形成された SiO<sub>2</sub> 系光導波路であり、SiO<sub>2</sub> 系光導波路に監視光反射用グレーティングを形成したことを特徴とする請求項 1 に記載の光通信装置。

【請求項 4】 光導波機構が高分子材料基板の上に設けられた高分子材料よりなる光導波路であり、光導波路に監視光反射用グレーティングを形成したことを特徴とする請求項 1 に記載の光通信装置。

【請求項 5】 複数本の光ファイバによって信号を伝送するために、基板の上に複数本の光導波機構を設け、光導波機構に監視光反射用グレーティングを形成し、それぞれの光導波機構の終端に受光素子または発光素子を一つずつ設けたことを特徴とする請求項 1 に記載の光通信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信に用いる光送信器、光受信器およびこれらを一体化した光送受信器（以下では、「光送信・受信器」、或いは「光通信器」と総称する）に関する。つまり本発明は、

1. 光送信器
2. 光受信器
3. 光送受信器

の 3 つの態様がある。いずれの形式にも適用できるものである。

## 【 0 0 0 2 】

これらの光通信器において監視光を反射するための機構の改良に関する。特に加入者系のような小型低コストの光送信・光受信器を提供する。監視光反射機構は光ファイバ断線を検出するために設けられるが、これがコストを押し上げないようにした改良を与える。

## 【 0 0 0 3 】

## 【従来の技術】

従来の光送受信器は、図 1 の LD や、図 2 の PD を組み合わせて、光送信器或いは光受信器或いは光送受信器を構成していた。図 1 の LD モジュールは金属カンに素子を密封したもので三次元的な構成を持っている。円盤形状の金属ステム 1、金属円筒形状のレンズホルダー 2、金属円錐形状のフェルールホルダー 3 によって外殻部が構成される。それぞれは溶接によって接合され堅固な構造物となっている。内部には円筒形のキャップ 4 がありステム 1 の上に固定される。

## 【 0 0 0 4 】

ステム 1 の上面垂直に延びるマウント 5 の側壁に LD チップ 6 が取り付けられる。直下にはモニタ用 PD 7 がステム 1 中央に固定される。レンズホルダー 2 の上方開口部には集光レンズ 8 が固定される。その上のフェルールホルダー 3 の開口には光ファイバ 9 の先端を把持するフェルール 10 が固定される。先端を斜めに研磨してファイバ端面反射光が LD 6 に戻らないようになっている。ステム 1 は下面にピン 11 を持つ。送信信号、モニタ信号などの入出力端子となる。

## 【 0 0 0 5 】

LD 6 から出た信号光（送信光）はレンズ 8 によって集光されファイバ 9 に入りその中を伝搬する。金属パッケージで密封され信頼性も高い。ステム 1、レンズホルダー 2、フェルールホルダー 3、フェルール 10 を XYZ の三方向に動かして、LD 6、レンズ 8、ファイバ 9 の最適関係位置を決める。このような調芯が必要である。三次元構成で調芯が不可欠で高コストという欠点があった。

## 【 0 0 0 6 】

図 2 の受光素子モジュールも同様の三次元構成を持つ。円形の金属ステム 12、円筒形金属レンズホルダー 13、円錐形金属フェルールホルダー 14 が金属製

パッケージを構成する。内部にはさらに円筒形のキャップ 1 5 がステム上に取り付けられる。ステム 1 2 の中央には P D 1 6 が固定される。P D の直上においてレンズホルダー 1 3 の開口部にレンズ 1 7 が設けられている。光ファイバ 1 8 の端部を保持するフェルール 1 9 がフェルールホルダー 1 4 の頂部開口に差し込まれて固定される。これもステム 1 2、レンズホルダー 1 3、フェルールホルダー 1 4 の間の 2 次元調芯と、フェルール 1 9 の 1 次元調芯を合わせて 3 次元の調芯が不可欠である。現在はこのような三次元的構成を持つ L D、P D モジュールが使用されている。

## 【 0 0 0 7 】

図 3 は L D と P D を対向させて送信と受信それぞれに光ファイバを 1 本ずつ使用する例である。基地局の L D 1 からの信号が、光ファイバ 2 1 を通って加入者の P D 2 にいたる。これは下り信号と呼ぶ。加入者側の L D 2 から出た信号は光ファイバ 2 2 を伝わり基地局側の P D 1 によって受信される。このように光ファイバが 2 本あるシステムは送信受信を同時に行う場合波長が同一であっても差し支えない。

## 【 0 0 0 8 】

このような 2 本光ファイバタイプの光通信装置はたとえば、

①高橋龍太、村上和也、須永義則、所武彦、小林雅彦、「S F F 光トランシーバ用光素子実装方法の検討」1999 年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会、C-3-28、p 133 (1999)

などに提案されている。これは光クロストークを問題にしている。故障検出については言及していない。

## 【 0 0 0 9 】

図 4 は光ファイバ 1 本で送受信を行う例である。基地局は L D 1、P D 1 を有し、加入者は L D 2、P D 2 を有する。両者が光ファイバ 2 4 によって結ばれる。時刻を違える場合（ピンポン伝送）は一つの波長の信号光を用いることもできる。しかし同時双方向通信する場合は、上り信号  $\lambda_1$  と下り信号  $\lambda_2$  に二つの異なる波長の光を利用する必要がある。光ファイバ 2 4 の両端に分波器 2 3、2 5 を設ける。分波器 2 3、2 5 で波長の異なる上り信号  $\lambda_1$  と、下り信号  $\lambda_2$  を区

別する。

#### 【0010】

具体的には、図5のようなWDMフィルタと一体化した送受信器が用いられる。これは加入者側である。別個のLDモジュール26とPDモジュール27がある。それぞれは図1、図2のように独立したモジュールである。LD26の出力は光ファイバ28、光コネクタ29、光ファイバ30を経てWDM31に入る。これは波長選択性のある結合器であり、送信光 $\lambda_1$ は光ファイバ30をそのまま通り光コネクタ34から外部の光ファイバ35に送り出される。光ファイバ35は基地局につながる。局側からの受信光 $\lambda_2$ は光ファイバ35、光コネクタ34、WDM31に入り、ここの結合部33で選択的に第2の光ファイバ32へ入る。WDM31で送信光 $\lambda_1$ と受信光 $\lambda_2$ が分離され同時双方向通信が可能である。

#### 【0011】

公知の光通信システムを概観した。以上の光通信システムにおいて伝送路の異常検出機構が設けられる。伝送路である光ファイバが正常に光送受信器まで到達しているか否かを確認するために、局側から上り光とも下り光とも異なる波長の光 $\lambda_3$ を局側から加入者側に送り、その反射戻り光を観測して伝送路の異常の有無を検知する方式が採られている。

#### 【0012】

例えば図6は、1:N (N=16, 32等)の多分岐の光加入者系を模式的に表したものである。局40から $\lambda_2$  (例えば1.55  $\mu\text{m}$ )の下り信号が光ファイバ41によって送られ1:N分岐42、例えば16 (N=16)の加入者に分割され、複数の加入者へ光ファイバ43、46を通して送られる。家屋44の内部に加入者光送受信器47があって、これにより $\lambda_2$ の光信号を感受する。光送受信器47は図5のようなLD、PDモジュールを備えた装置である。

#### 【0013】

一方各加入者は $\lambda_1$  (例えば1.3  $\mu\text{m}$ )の光で、加入者固有の送信信号を局40の側へ送信する。局側40は16の加入者の信号を受信する。

さらに本発明に関わる機能として、伝送路が正常であるか否かの監視機能を設



ける。そのため家屋 4 4 の内外の境界に監視光反射器 4 5 を設置する。

【0 0 1 4】

例えば、1.  $65\mu\text{m}$  のような上り信号  $\lambda_1$ 、下り信号  $\lambda_2$  のいずれとも異なる波長の光  $\lambda_3$  を局 4 0 から加入者家屋 4 4 側に送信し、各加入者の光送受信器 4 7 の手前の内外境界にある監視光反射器 4 5 によって反射されてきた戻り光を検知するようになっている。戻り光がなければ光ファイバ断線ということである。戻り光があっても微弱であれば何らかの故障があるということである。こうして、光ファイバの断線や、減衰量の増大、光コネクタの脱落などがないかを定期的にチェックする。この機能は、公衆通信という意味で非常に重要な機能である。

【0 0 1 5】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、図 6 の構成では、監視光反射器 4 5 を屋外と屋内の境目に付けるようになっている。そのために、反射器として自立した機能を持つ製品を独立の装置として製造し、取り付ける必要がある。そのために光ファイバを切断して反射器を挿入するという加工をしなければならない。独立した装置だから反射器箱などの容器が必要である。取付金具なども入用である。

【0 0 1 6】

経済的な観点から見ると光ファイバ系の断線、減衰の監視のために新たなコストが発生するということになる。それは望ましくないことである。光通信が広く公衆一般に普及するには安価だということが何よりも重要である。

【0 0 1 7】

さらに技術的な観点からも問題がある。境目の監視光反射器 4 5 までたとえ異常がないとしても屋内の光送受信器 4 7 の近くでの光ファイバ 4 6 の断線、光コネクタの不調などの可能性もある。図 6 の従来装置では監視反射器 4 5 より屋内側の故障は検出することができない。不完全な監視であると言わねばならない。図 6 のものは完全な伝送路監視装置になっていない。モジュールの内部に監視光を反射する誘電体多層膜フィルタを入れて監視光反射機能を与えることを提案したものがある。

②森中彰、井上靖之、榎本圭高、加藤邦治、鳥羽弘、高戸範夫「1.65  $\mu$ m 試験光反射／遮断フィルタ内蔵 PLC-WDM 回路」1998 年電子情報通信学会総合大会、C-3-158、p324 (1998)

これは Y 分岐を持つ光導波路の先端に PD と LD を設け同時双方向通信できるような装置で光導波路に誘電体 WDM を入れたものである。WDM の角度を増やすと監視光の反射減衰量が増える。3 度～5 度で 1.65  $\mu$ m に対し 10 dB ～ 20 dB の反射減衰量が得られるとある。1.65  $\mu$ m の挿入損失は 50 dB 以上であって、PD には殆ど入らないと主張している。

#### 【0018】

以上のように図 6 のような家屋の内外境界に独立反射器を設けたものは経済的にも、技術的にも問題がありなお不十分である。WDM フィルタを挿入したものは、1.65  $\mu$ m に対する挿入損失を得るためには高性能の WDM フィルタが必要であるが、このようなフィルタは歩留まり低く高コストになる。WDM フィルタを追加することになるからその分だけ部品が増えコストを押し上げるし、狭いフィルタ溝に挿入するため加工工数も増加する。より低コストであってより完全に故障検出できる監視装置を提供することが本発明の目的である。

#### 【0019】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明者は、上記の問題を根本的に解決できる方法を発明した。

本発明の思想は、光導波機構（光ファイバや光導波路）と光素子（発光素子や受光素子）を基板に搭載した光通信装置（光送信器、光受信器、光送受信器）の、同じ基板上の光導波機構に、監視光のみを選択的に反射する回折格子を一体化形成することによって、監視光反射機能を付与する、ということである。

#### 【0020】

表面実装型の光通信装置は、基板の上に平面的に配置された光素子と光導波機構（光ファイバ或いは光導波路）を必ず持つ。外部の光ファイバと光素子を仲立ちする光導波機構に監視光を反射するグレーティングを形成して内部に監視光反射機能を与えるのである。図 6 のように光通信装置の外にあるのではなく光通信装置の内部に監視光反射機能がある。監視光反射機能を内蔵したとも言えよう。

さらに重要なことは光導波機構にグレーティングを形成することによって監視光を選択反射するようにしたということである。

#### 【 0 0 2 1 】

つまり本発明の特徴は2つに要約することができ、

1. 光通信装置内部に監視光反射機能を内蔵させた。
2. 光導波機構に監視光選択反射性を持つ回折格子を形成した。

ということである。簡単な構成である。しかしそのもたらす利益は大きい。

#### 【 0 0 2 2 】

こうすると個別の筐体に収容された監視光反射器というものは不要になる。また家屋の内外境界に取り付けるという手間も不要である。さらにグレーティングを作るだけだから表面実装装置の内部に構成要素が増えるわけでない。素子の数は、監視光反射機能がないものとまったく変わらない。

#### 【 0 0 2 3 】

それに光ファイバの場合は多数の光ファイバを並べてグレーティングを製作でき一つ当たりのコストは極わずかである。光導波路の場合も同様に、Siウエハーの段階で光導波路上にグレーティングを作製できるから多数のグレーティングを一挙に形成できる。製造コスト、据え付けコストを削減できる。据え付け工事が不要でコスト削減の効果は大きくて光通信の普及をさらに加速することができる。

#### 【 0 0 2 4 】

さらに監視光は家屋の内部にある光受信器などまで届くからLD、PDの極近傍までの故障を監視することができる。つまり図6の光ファイバ46の部分の故障まで広く検出できるわけである。このようにPD、LDと同じ素子内に監視光反射器を設けることによって前記の問題点の全てを解決する事ができる。まことに優れた発明である。

#### 【 0 0 2 5 】

##### 【発明の実施の形態】

従来の図1～図5の形態の装置に、特定波長の反射機能を有する新たな部品を追加しただけではコストメリットはない。送信・受信器の部品の点数が一つ増え

るだけである。コストアップ、構造の複雑化、サイズの大型化という欠点が生ずるだけである。それではいけないのである。

【 0 0 2 6 】

そこで本発明者は、光導波機構（光ファイバ、石英系光導波路、高分子系光導波路を含む）と光素子（PD、APD、LD、LED）を組み合わせてなる光通信装置（光送信器、受信器、光送受信器）において、光導波機構に送信、受信の波長と異なる波長の光 $\lambda_3$ （監視光）のみを反射する回折格子による監視光反射機能を設けたものを提案する。

【 0 0 2 7 】

既に存在する光導波機構の一部に反射機構（回折格子）を設けるのだからコスト増は僅かである。送信・受信器が表面実装技術などで小型、低コスト化されるとともに、同時に監視光反射機能をも合わせ持つという優れた送信・受信器となる。

【 0 0 2 8 】

ここで光導波機構と呼んでいるものは、光ファイバと光導波路の二つがある。いずれも基板の上に設けられて外部の光ファイバと内部の光素子を繋ぐものである。本発明はその途中にグレーティングを設けるから重要な素子なのである。予め光導波路、光ファイバ、グレーティングを説明する。

【 0 0 2 9 】

〔光ファイバ〕 光ファイバというのはシングルモード光ファイバ、マルチモード光ファイバの別がある。石英系の光ファイバ、プラスチックのファイバなどがある。シングルモード石英光ファイバの場合は $10\mu\text{m}$ 径のコアを $125\mu\text{m}$ 径のクラッドが囲むような形状でさらに被覆によって覆われる。コアはクラッドより屈折率が高く光はコアを伝搬する。その他の光ファイバでもコア、クラッド、被覆の構造を持つ。本発明は何れにも適用できる。

【 0 0 3 0 】

〔光導波路〕 光導波路というのは表面実装基板の上に作り付けにするものである。図7に断面図を示す。基板50の上にアンダークラッド層51を一様に設け、その上に線上的コア52をフォトリソグラフィによって形成する。コアという

のはクラッド層よりも屈折率が高い部分で光を導く作用がある。コア52を囲むようにオーバークラッド層53が設けられる。基板はSi基板のこともありプラスチック基板のこともある。基板によってクラッド、コアの材質も変わる。ここではSi基板の場合を説明する。Si基板の場合は、クラッド層はSiO<sub>2</sub>層である。スパッタリングやCVD法で作製できる。コアはSiO<sub>2</sub>にGeをドープすることによって作製できる。GeはSiO<sub>2</sub>の屈折率を上げることができる。

### 【0031】

〔グレーティング〕 図8は光ファイバにグレーティング（回折格子）を形成した状態の平面図を示す。クラッド110とコア111とからなる光ファイバ112は被覆を剥離した状態（125μm径）である。光ファイバコアに等間隔の屈折率の摂動を与えている。もちろんクラッドにも同じ間隔で屈折率の周期的な変化を与えている。屈折率がある周期Pで僅かな変動をすると先述のように、 $\lambda = nP/m$ の波長の光は反射される。それ以外の光は透過する。

### 【0032】

例えば紫外レーザによる2光束干渉露光法により回折格子を作製する。これはかなり強いレーザパワーが必要である。光ファイバでなくて、光導波路に作製した場合も同様の平面図になる。光導波路の場合も2光束干渉露光法（後述）を適用できるがそれ以外の方法でも回折格子を作製できる。

### 【0033】

光導波路のコアに屈折率変動を一定周期Pで与えることによって反射機能を与えられる。もちろん機械的な手段によって等間隔の屈折率変動を与えることもできる。グレーティングを作製した押圧子を光導波路に押し付けてコアを歪ませることにより回折格子を作製することができる。あるいは一定間隔の縞模様を持ったマスクで光導波路や光ファイバを覆ってクラッドを部分的にエッチングすることによりコアに屈折率の周期的変動を与えるということも可能である。

### 【0034】

〔二光束干渉露光法〕 ここではGe添加石英光ファイバを水素添加処理した後、244nm付近の波長のレーザ光を2つのビームに分け対称になるようある角

度方向から干渉縞ができる条件で光ファイバに照射し、光ファイバ内に屈折率の周期的な変化を起こすようにした。水素添加は屈折率変化をおこし易くするためである。光ファイバにはある周期で屈折率の変化が起こっている。屈折率変化は  $10^{-5}$  程度の小さなものである。屈折率変化はわずかであるが、ある程度の長さがあれば、その周期  $P$  の 2 倍の整数分の 1 の波長の光  $\lambda$  ( $\lambda = 2 n P / s$ ;  $s$  は整数、 $n$  は屈折率) を完全に反射することができる。空間格子と異なり方向によって反射波長が変動するというような事はない。光ファイバは一次元の材料でグレーティングに対して斜め入射というようなことはなく必ず垂直入射ということになる。

## 【 0 0 3 5 】

図 8 において、光ファイバ 1 1 2 の中心にはコア 1 1 1 があり、これをクラッド 1 1 0 が取り囲んでいる。シングルモードファイバの場合、コア径は  $10 \mu\text{m}$ 、クラッド径は  $125 \mu\text{m}$  である。紫外線レーザーを使い二光束干渉法によって、コア内部に屈折率が周期的に変化する部分を形成する。

## 【 0 0 3 6 】

[選択反射の原理] グレーティング部の屈折率縞の周期  $P$  を  $\lambda_3 = 2 n P / s$  ( $s$  は整数) となるように決める。ここに  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  の光を入れると、 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  は透過し、 $\lambda_3$  は反射する。そのような波長選択性がある。どうしてそのようなのか？グレーティングを初めから 1、2、…、 $m$  と番号を付ける。その間隔は  $P$  である。光路長は長さに屈折率を掛けたものを意味する。つまり 0 番目からみると  $j$  番目格子までの光路長は  $j n P$  である。往復の光路長は  $2 j n P$  である。波数が  $k$  ( $= 2 \pi / \lambda$ ) の光があるとする。波動関数は  $\exp(-k x)$  である。

## 【 0 0 3 7 】

この波数の光が  $j$  番目の格子で  $\varepsilon$  の反射を受けて戻ってくるとする。屈折率が増えることによって反射する場合は位相が  $\pi$  だけ増え、屈折率が減少することによって反射される場合は位相は変わらない。そのような違いがあるがどの格子点でも同じ屈折率変化がおこるのであるから位相変化も同じである。すると 0 番目での振幅  $A$  はこれら  $j$  番目格子点からの反射振幅の和になるから、

【0038】

【数1】

$$A = \varepsilon \sum_{j=1}^m \exp(-2knjP) \quad (1)$$

【0039】

となる。ここで $\Sigma$ というのは $j$ が1から $m$ までを加えるということを意味している。光のパワー $W$ はこれの二乗（複素共役との積）である。

【0040】

【数2】

$$\begin{aligned} W &= \varepsilon^2 \left\{ \sum_{j=1}^m \exp(-2knjP) \right\} \left\{ \sum_{h=1}^m \exp(2knhP) \right\} \\ &= \frac{\varepsilon^2 \sin^2(knmP)}{\sin^2(knP)} \quad (2) \end{aligned}$$

【0041】

となる。これは反射光パワーを意味するが、それだけでない。透過光のパワーをも表しているのである。つまり $(1-W)$ が透過光の強度である。 $\varepsilon$ は小さい値であるから、分母の $\sin$ の中の $(knP)$ が $\pi$ の整数倍でない場合には $W$ は極めて小さい値にすぎない。もしも $knP$ が $\pi$ の整数倍ならば分母は0に近く同時に分子も0に近くなる。

【0042】

$knP \rightarrow s\pi$  ( $s$ ; 整数) の極限でどうなるのか?  $knP - s\pi = \eta$  として、 $\sin$ のわり算の部分は、 $\sin^2 m\eta / \sin^2 \eta$  と書けるから、その $\eta \rightarrow 0$ の極限は $m^2$ である。つまり $knP = s\pi$ のときは、反射光パワーは $(\varepsilon m)^2$ ということになる。 $k = 2\pi/\lambda$ であるから、それは $\lambda = 2nP/s$ だということである。

【0043】

$$\lambda = 2nP/s \text{ のとき } W = (\varepsilon m)^2 \quad (3)$$

$$\lambda \neq 2n P / s \text{ のとき } W = 0 \quad (4)$$

【0044】

$\varepsilon$  が小さい値であるが格子の数  $m$  が  $1/\varepsilon$  程度あれば (3) の右辺は 1 とすることが出来る。 $\lambda_3$  が (3) の条件を満足するように  $P$  や  $s$  を決めるのであるが、監視光は完全に反射されなければならないというものではない。これが受信系に入らなければよい、入っても  $PD$  によって感受されなければ良いのである。

【0045】

受信光が  $1.55 \mu m$ 、監視光が  $1.65 \mu m$  であって、分離が難しいというのであれば、 $m$  を  $1/\varepsilon$  よりかなり大きい値 ( $m\varepsilon \gg 1$ ) として、監視光  $\lambda_3$  (ここでは  $1.65 \mu m$ ) の完全反射を狙うのがよい。

【0046】

(4) 式は何を意味するのか？それは  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  のように、 $2n P / s$  でないものは実質的に反射されないという事である。これも重要なことである。例えば、 $\lambda_1$  (送信光) =  $1.3 \mu m$ 、 $\lambda_2$  (受信光) =  $1.55 \mu m$ 、 $\lambda_3$  (監視光) =  $1.65 \mu m$  とすると、送信光、受信光は格子によって散乱されずそのまま透過するということを意味する。監視光だけが格子によって反射される。

【0047】

$s$  の意味であるが、これはグレーティングの波長  $P$  の選び方に自由度を与える。たとえば  $s$  がないと、光ファイバ屈折率  $n$  を 1.4 程度、 $\lambda_3 = 1.65 \mu m$  とすると、 $P$  は  $0.6 \mu m$  程度となる。かなり波長の短いレーザを使って二光束干渉法を実行しなければならない。二光束干渉法はレーザ光を二つに分けて、面対称の方向から角度  $\Phi$ 、 $-\Phi$  で対称に照射して干渉縞を作るものである。干渉縞のピッチ  $P$  は  $\Lambda / \sin \Phi$  によって与えられる。 $\Lambda$  はレーザの発振波長である。 $\Phi$  を大きくすればかなり波長の長いレーザでも小さい  $P$  の干渉縞を作ることができる。 $\Phi$  ( $0 \leq \Phi < 90^\circ$ ) は斜め入射角だから大きくするといっても限界がある。

【0048】

しかし  $s$  を 2 以上の整数にすると干渉縞の作製はもっと楽になる。 $s$  倍の波長のレーザによって光ファイバ加工が可能になるからである。 $s$  にはそういう意味



がある。しかし反面  $s$  が 1 より大きいと同じ長さに形成できる格子の数が  $1/s$  になるから、格子数  $m$  が小さくなるという問題がある。先述のように格子の数  $m$  は反射パワーを決めるパラメータであり、(3) 式のように  $m$  の大きい方が監視光をより完全に反射できるという利点がある。使用できる加工用レーザの波長と光ファイバに格子を形成できる長さの余裕を考えて  $s$  を適当に選ぶべきである。つまり、ここでは必ずしも  $s = 1$  とは限らないということを主張しているのである。

## 【0049】

ここでは光ファイバは、 $\text{GeO}_2$  を 6% 含む石英シングルモードファイバである。これを水素添加処理し、さらにアルゴンレーザの 2 次高調波 (SHG: second harmonic generation;  $\lambda = 244 \text{ nm}$ ) を二光束干渉法によって光ファイバに照射した。水素添加するのは、レーザ光照射によって屈折率変化をより容易に引き起こす為である。グレーティング部の長さは約 4 mm である。

ここでは、監視光としての  $\lambda_3 = 1.65 \mu\text{m}$  を選択反射するようにグレーティングの周期  $P$  を決める。これによって  $1.65 \mu\text{m}$  に対して 99% 以上の反射率を得た。

## 【0050】

さらに  $1.65 \mu\text{m}$  の反射率を高めたい場合には、グレーティングの長さをより長くすれば良い。例えば格子長を 8 mm 以上にすると 99.9% 以上の反射率の実現される。

## 【0051】

以上に説明した回折格子は光ファイバに設けたものであるが、同様に光導波路にも設ける事ができる。例えば  $\text{SiO}_2$  に  $\text{Ge}$  をドーピングして屈折率を局所的に上げて導波路としたものは表面実装に頻用される。回折格子を光導波路に作製した場合も同じような波長選択反射性が得られる。原理は同様なので説明を繰り返さない。

## 【0052】

本発明においてグレーティングを監視光の反射機構として使用する理由は、導波路にスリットのような機械的な加工をしなくても良いことと、フィルタ挿入と

というような一個一個の個別の加工作業が不要だからである。

【0053】

また光ファイバの場合は、何十個の光ファイバを平行に平面上に並べて、紫外線を露光することにより、一度に多くの回折格子の加工ができる。極めて能率が良い。

【0054】

Siベンチ（Si基板）の上の導波路に回折格子を形成する場合は、すでに大型Siウエハの上に（多数のチップごとに）多数の導波路が規則正しく形成されている上から、（例えば二光束干渉法で）紫外線を照射することによって回折格子を形成できる。従来のSi半導体製造方法と全く同じ手法によって多数の回折格子が同時的あるいは継時的に作製することができる。汚染の恐れはないし短時間で多数同等のものが形成できる。低コスト化にメリットがある。

【0055】

【実施例】

〔実施例1（光ファイバ、V溝、単一光素子）〕

本発明は既存の様々の光通信装置に適用できる。まずもっとも単純な応用を述べよう。本発明を1本の光ファイバを光導波機構として一つの光素子（LD、LED、PD、APDのうち一つ）を有する単一光通信装置に適用する。最も単純な実施例である。図9に平面図、図10に中央縦断面図を示す。より具体的に言えば、光導波機構が石英系光ファイバであり、その一部に例えば監視光波長1.65 $\mu$ mを反射し、1.3 $\mu$ m光や1.55 $\mu$ m光などの信号光を透過する作用のあるグレーティングを形成した実施例である。

【0056】

単純といっても基板については凝った構造になっている。小さい第1基板55が大きい第2基板56の凹部57に埋め込まれた二重構造となっている。第1基板はSi基板のようにフォトリソグラフィによって精度高く製造できる基板である。第1基板はプラスチックなどであって安価で造形性に富むものがよい。全体をSi基板とするよりも基板コストを低減する事ができる。第1基板55には小V溝58が、第2基板56には大V溝59が、連続して表面軸方向に穿たれてい

る。第1基板55の軸上中心部に光素子60をマウントする。光素子というのはLD、PD、LED、APDなど発光素子、受光素子である。

【0057】

光導波機構はフェルール61によって一部を把持された光ファイバ62である。大V溝59にはフェルール61が小V溝58には光ファイバ(クラッドまで)62が挿入固定される。光ファイバ62の途中には一定間隔のグレーティング63が形成される。グレーティング63が監視光(例えば1.65 $\mu$ m)反射機能を有する。

【0058】

光ファイバのコア径は10 $\mu$ m、クラッド径は125 $\mu$ mである。グレーティング長は約5mmである。1.65 $\mu$ m光に対する反射率は99%以上であり、1.3 $\mu$ m、1.55 $\mu$ mに対する透過率は90%以上であった。

【0059】

これにより、光ファイバと光素子(LD又はPD)をSiベンチ上に実装するという表面実装の小型、低コスト化というメリットを生かしたまま、さらに監視光波長を反射する機能も兼ね備えた光送信器または光受信器が作製できるようになる。ここでは基板は2重構造となっているが、全体をSiベンチとしてもよいし、全体をポリイミドなどのプラスチック基板としても良い。

【0060】

[実施例2(複数光素子、複数光ファイバ)]

実施例1は1本の光ファイバと一つの光素子を組み合わせたものであった。それを複数個並列に配列してさまざまな多重通信器を構成することができる。たとえば複数の送信器を並べて同時複数送信器とすることができる。複数の受信器を並べて同時複数受信器とすることもできる。さらにm個の送信器とk個の受信器を並列に並べることもできる( $m \geq 1$ 、 $k \geq 1$ )。図11にそのような複数光ファイバ、複数光素子の実施例を示す。同等のユニットであるから実施例1と同じ番号を付した。

【0061】

これは3つの単機能ユニット64、65、66を示すが、2以上幾つであって

もよい。何れも光ファイバの送信だけあるいは受信だけに使われる。信号の流れが一定であるから波長は同一であっても良い。同時に通信することができる。光ファイバが別なので構成は単純でクロストークの恐れも少ない。光ファイバにグレーティングがあって監視光反射機能を有する点は前例と同じである。

#### 【 0 0 6 2 】

##### [ 実施例 3 ( 2 本光ファイバ、光送受信器 ) ]

実施例 3 は、光送信器と光受信器を同一装置内に有し 2 本の平行光ファイバによって相手側と通信を行うような装置に本発明を適用したものである。図 1 2 にそれを示す。平面実装用基板 6 7 の上に平行に光ファイバ 6 8、6 9 が固定される。V 溝を彫ってここに埋め込むが、ここでは V 溝の図示を略している。これら光ファイバにもグレーティング 7 0、7 1 が設けられ監視光反射機能を付与している。基板の後半部には、メタライズ 7 2、7 3、7 4、7 5 が印刷してある。メタライズ 7 3、7 5 の上に LD 7 6、PD 7 7 がマウントしてある。LD 7 6 が光ファイバ 6 8 へ送信光を出力する。光ファイバ 6 9 からの受信光を PD 7 7 が受信する。2 本の光ファイバがあるから送信光、受信光は独立である。波長が異なっても同じであっても良い。

#### 【 0 0 6 3 】

このような場合も同様に、光ファイバに回折格子 ( グレーティング ) 7 0、7 1 を形成して監視光反射機能を付加することができる。これは内部の光導波機構が光ファイバであるが、それを光導波路としても差し支えない。外部光ファイバ 8 0、8 1 と、基板の端面 8 2、8 3 において、内部光導波路 6 8、6 9 と接合するのである。境目に集光レンズのようなものは不要で直付けとすればよい。そうすれば 2 本光導波路の実施例ということになる。

#### 【 0 0 6 4 】

##### [ 実施例 4 ( 波長多重、光送受信器 ) ]

図 1 3 は、光送信器と光受信器が一体化され、波長多重により同時に双方向通信をする装置に本発明を適用した実施例を示す。平坦な基板 8 5 の中心軸方向に V 溝 8 6 が切ってある。その中へ光ファイバ 8 7 を埋め込んで固定してある。途中で光ファイバ、V 溝を斜めに切り込む斜め溝 8 8 がある。ここへ波長分離機能

を有するWDMフィルタ89が差し込んである。基板85の後端には一段低い段部90があり、この上であって光ファイバの軸線上にLD91がマウントされている。基板表面の上でWDMフィルタ89の反射光のいたる位置にPD92が固定される。これは裏面入射型PDを上向きに、あるいは表面入射型PDを裏返しに付けたものである。光ファイバ87を伝わってきた受信光 $\lambda_2$ はWDM89によって斜め反射されてPD92に入る。LD91の発する送信光は端面から光ファイバ87に入って直進する。光ファイバ87の途中にはグレーティング93が形成されている。

## 【0065】

この例では、 $1.3\mu\text{m}$ が送信光 $\lambda_1$ で、 $1.55\mu\text{m}$ が受信光 $\lambda_2$ である。このような場合も同様な構成で、グレーティング93によって、監視光（例えば $1.65\mu\text{m}$ ）反射機能を付与することができる。

この例は、図6で示した加入者系で多用される構成である。光送信器と光受信器が同一装置内にある。波長多重同時双方向通信が可能である。

## 【0066】

## [実施例5（1本光導波路、1光素子）]

図14は、Siもしくは石英系ガラスの上に形成された導波路により1本の光ファイバと一つの光素子（PD又はLD）を光学的に結合するものである。図9、図10の実施例1と違うのは内部の光導波機構が光ファイバでなく光導波路であることである。光導波路は図7で説明した。平坦な基板94の中心軸上に光導波路95が形成してある。光導波路95の終端は段部になっており軸線上に光素子96が固定される。光素子はPD、LD、LED、APDなどである。外部の光ファイバ97は基板94の端面98において光導波路95に接合している。光導波路95の途中にグレーティング99が形成してある。監視光はグレーティングによって反射され局側へ戻される。

## 【0067】

この場合も実施例1～4と同じように、グレーティング99による、監視光反射機能を構成することができる。特にこの構成は導波路に様々な機能を付加することができるという長所がある。反射機能の他に例えば、PDの前に、特定の波

長のみ選択的に透過するグレーティングフィルタを形成し、不要な波長に対しては全く感度をなくしたり、LDの前にグレーティングを形成してこれをLDの共振器の一部として、発光波長を安定化させるなどが可能である。

## 【 0 0 6 8 】

## 〔実施例 6（分岐導波路、光送受信器）〕

図 1 5 は、基板上に形成された分岐導波路により、光送信と受信器が一体化され波長多重により同時双方向送受信を行う実施例を示す。Si 基板もしくは石英系ガラス基板 1 0 0 の上に第 1 光導波路 1 0 1 と第 2 光導波路 1 0 2 が形成される。両者は接近した結合部 1 0 3 でエネルギーを交換できるようになっている。光ファイバ 1 0 5 が基板の端面で光導波路 1 0 1 に接合している。光導波路 1 0 1 の途中にグレーティング 1 0 4 が形成される。これは監視光だけを選択反射する回折格子である。第 1 光導波路 1 0 1 の終端に LD 1 0 6 が設けられる。第 2 光導波路 1 0 2 の終端には PD 1 0 7 が固定される。その側方には PD 信号を前置増幅するための AMP 1 0 8 が設けられる。実際には図 1 2 のようにメタライズパターンがあってチップの電極間を電氣的に接続するが、ここでは図示を略している。

## 【 0 0 6 9 】

受信光  $\lambda_2$  は第 2 光導波路 1 0 2 へ、送信光は第 1 光導波路 1 0 1 へ分配される。LD 1 0 6 から出た送信光  $\lambda_1$  は光導波路 1 0 1 から光ファイバ 1 0 5 へと送出される。光ファイバ 1 0 5 を伝搬してきた受信光  $\lambda_2$  は分岐結合部 1 0 3 で第 2 光導波路 1 0 2 に入り PD 1 0 7 によって受信される。

## 【 0 0 7 0 】

この例では  $1.3 \mu\text{m}$  が送信光  $\lambda_1$  で、 $1.55 \mu\text{m}$  が受信光  $\lambda_2$  である。この図では  $1.3 \mu\text{m}$  と  $1.55 \mu\text{m}$  は導波路間の光結合（1 0 3）により光路を分離しているが、これは導波路途中に、 $1.3 \mu\text{m}$  透過、 $1.55 \mu\text{m}$  反射という波長選択性を持つフィルタ（WDM フィルタ）によって置き換えることができる。

## 【 0 0 7 1 】

このような場合も、実施例 5 と同様に、グレーティングによって、監視光反射

機能を付与することができる。この構成は実施例 5 と同じく、導波路に様々な機能を付加することができるという利点がある。

#### 【0072】

反射機能の他に例えば PD の前に特定の波長の光のみ選択的に透過するグレーティングを形成し、不要な波長に対しては全く感度がないようにすることもできる。あるいは LD の前に LD 発振波長に対応するグレーティングを形成し、これを LD の共振器の一部として利用し発振波長をより一層安定化させるようにすることもできる。

#### 【0073】

この構成例も図 6 で示した加入者系で最も多用される構成である。送受信機能が一体化されており、特に多機能を集積化できることの利益が大きい。

#### 【0074】

Si ベンチの大きさは、 $20\text{ mm L} \times 7\text{ mm W} \times 1.5\text{ mm d}$  である。この上に火炎堆積法で、 $\text{SiO}_2$  アンダークラッド層、 $\text{SiO}_2 + \text{Ge}$  導波層、 $\text{SiO}_2$  オーバークラッド層を形成した。導波路のコアサイズは、 $6\text{ }\mu\text{ m} \times 6\text{ }\mu\text{ m}$  の断面で、コア・クラッドの屈折率差は 0.4 % である。その構成は図 7 に示すものと同じである。

#### 【0075】

光源としての LD は、 $\text{InGaAsP}$  の  $1.3\text{ }\mu\text{ m}$ -MQW-LD である。ここで MQW は multiquantumwell ということである。

#### 【0076】

受光素子である PD は  $\text{InGaAs}$  を受光層とする導波路型 PIN-PD である。つまり端面からの入射光を感受するような構造の PD である。

#### 【0077】

$1.3\text{ }\mu\text{ m}$  (送信光) と  $1.55\text{ }\mu\text{ m}$  (受信光) の分離は、マッハツエンダー型の光カプラ (103 の部分) によった。

#### 【0078】

受信側には  $156\text{ Mb/s}$  用前置増幅器を PD に近接して配置し高感度化した

グレーティングの長さは4 mmである。グレーティングによる1.65  $\mu$ m (監視光)の反射率は99%以上であった。

【0079】

ファイバと導波路の接合部に屈折率整合樹脂を充填した。

その結果156Mbpsの1.3  $\mu$ m/1.55  $\mu$ m送受信機能を確認するとともに、1.65  $\mu$ mの監視光も十分に局側へ反射されていることを確認した。

【0080】

【発明の効果】

本発明は、光導波機構を有する表面実装光通信装置において、光導波機構にグレーティングを設けて監視光反射機能を与えている。表面実装という低コスト小型化の技術に、さらに加入者系必須の監視光反射機能を殆どコストの増加なく形成することができる。光通信の加入者系への応用を一層加速するであろう。

【図面の簡単な説明】

【図1】

金属パッケージに収容され三次元的な構造を持つ従来例にかかるLDモジュールの断面図。

【図2】

金属パッケージに収容され三次元的な構造を持つ従来例にかかるPDモジュールの断面図。

【図3】

基地局(中央局)側と加入者側を2本の光ファイバで結び、下り信号と上り信号が別異の光ファイバを通るようにした2本光ファイバ同時双方向光通信装置の概略構成図。

【図4】

基地局(中央局)側と加入者側を1本の光ファイバで結び、波長選択性を有する分波器を設け波長の異なる下り信号と上り信号が同一の光ファイバを通るようにした波長多重同時双方向光通信装置の全体の概略構成図。

【図5】

基地局(中央局)側と加入者側を1本の光ファイバで結び、波長の異なる下り



信号と上り信号が同一の光ファイバを通るようにした波長多重同時双方向光通信装置の加入者側の概略構成図。

【図 6】

基地局（中央局）側と加入者側を 1 本の光ファイバで結び、波長の異なる下り信号と上り信号が同一の光ファイバを通るようにした波長多重同時双方向光通信装置の加入者側において家屋の内外境界に監視光反射器を設けた従来例にかかる故障検出装置の概略構成図。

【図 7】

S i 基板の上に形成した S i O <sub>2</sub> 系の光導波路の断面図。

【図 8】

光ファイバの内部に周期的な屈折率変動を与えることによって選択反射性を有する回折格子を形成したものの断面図。

【図 9】

1 本の光ファイバの先端に一つの光素子（P D、L D、L E D など）を設けた単一機能光通信装置に本発明を適用した第 1 の実施例の平面図。

【図 1 0】

1 本の光ファイバの先端に一つの光素子（P D、L D、L E D など）を設けた単一機能光通信装置に本発明を適用した第 1 の実施例の縦断面図。

【図 1 1】

複数の単一機能光通信装置に本発明を適用した第 2 の実施例の平面図。

【図 1 2】

2 本の光ファイバの先に受光素子と発光素子を設けた同時双方向光通信装置に本発明を適用した第 3 の実施例の平面図。

【図 1 3】

同一基板の上に受光素子と発光素子を搭載し、1 本の光ファイバで波長の異なる送信光、受信光を伝送した同時双方向光通信装置に本発明を適用した第 4 の実施例の縦断面図。

【図 1 4】

基板上に設けた 1 本の光導波路と一つの光素子からなり 1 本の光ファイバと接

続される単一機能光通信装置に本発明を適用した第 5 の実施例を示す平面図。

【図 1 5】

基板上に設けた互いに選択的に結合する 2 本の光導波路と 2 つの光素子からなり、1 本の光ファイバと接続される波長多重双方向通信装置に本発明を適用した第 6 の実施例を示す平面図。

【符号の説明】

- 1 ステム
- 2 レンズホルダー
- 3 フェルールホルダー
- 4 キャップ
- 5 マウント
- 6 L D
- 7 モニタ P D
- 8 レンズ
- 9 光ファイバ
- 1 0 フェルール
- 1 1 ピン
- 1 2 ステム
- 1 3 レンズホルダー
- 1 4 フェルールホルダー
- 1 5 キャップ
- 1 6 P D
- 1 7 レンズ
- 1 8 光ファイバ
- 1 9 フェルール
- 2 0 ピン
- 2 1 光ファイバ
- 2 2 光ファイバ
- 2 3 分波器

2 4 光ファイバ  
2 5 分波器  
2 6 L D モジュール  
2 7 P D モジュール  
2 8 光ファイバ  
2 9 光コネクタ  
3 0 光ファイバ  
3 1 WDM  
3 2 光ファイバ  
3 3 結合部  
3 4 光コネクタ  
3 5 光ファイバ  
3 6 光ファイバ  
3 7 光コネクタ  
4 0 局  
4 1 光ファイバ  
4 2 分岐  
4 3 光ファイバ  
4 4 家屋  
4 5 監視光反射器  
4 6 光ファイバ  
4 7 加入者光送受信器  
5 0 基板  
5 1 アンダークラッド層  
5 2 コア  
5 3 オーバークラッド層  
5 5 第 1 基板  
5 6 第 2 基板  
5 7 凹部

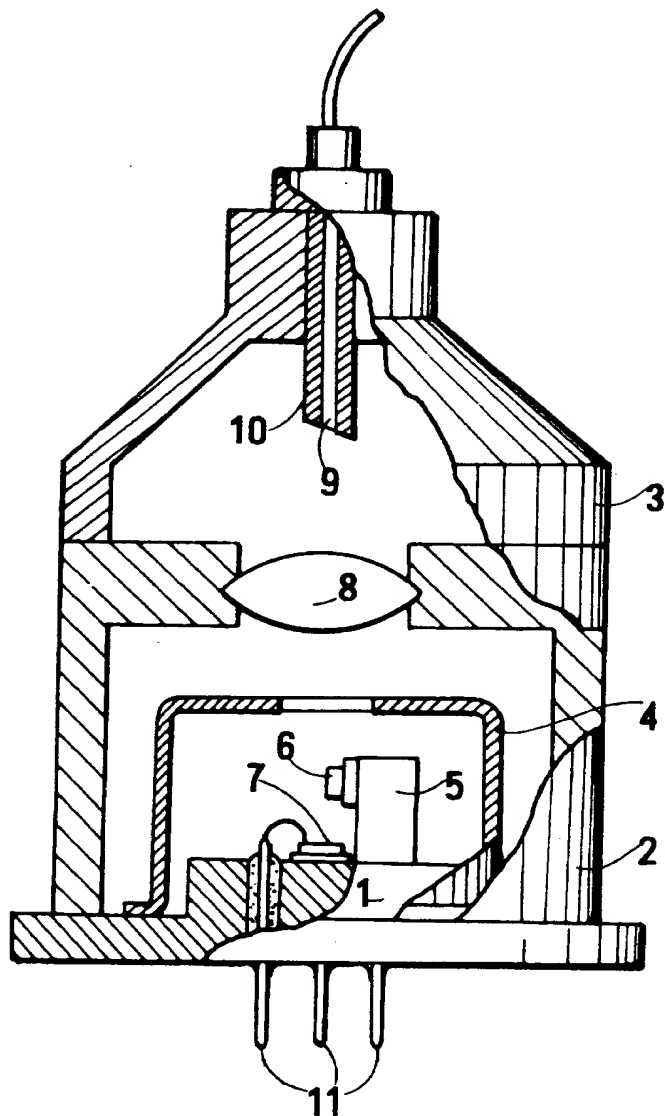
5 8 小 V 溝  
5 9 大 V 溝  
6 0 光素子  
6 1 フェルール  
6 2 光ファイバ  
6 3 グレーティング  
6 4 単機能ユニット  
6 5 単機能ユニット  
6 6 単機能ユニット  
6 7 基板  
6 8 光ファイバ  
6 9 光ファイバ  
7 0 グレーティング  
7 1 グレーティング  
7 2 メタライズ  
7 3 メタライズ  
7 4 メタライズ  
7 5 メタライズ  
7 6 L D  
7 7 P D  
7 8 ワイヤ  
7 9 ワイヤ  
8 0 光ファイバ  
8 1 光ファイバ  
8 2 基板端面  
8 3 基板端面  
8 5 基板  
8 6 V 溝  
8 7 光ファイバ

8 8 斜め溝  
8 9 WDM フィルタ  
9 0 段部  
9 1 L D  
9 2 P D  
9 3 グレーティング  
9 4 基板  
9 5 光導波路  
9 6 光素子  
9 7 光ファイバ  
9 8 端面  
9 9 グレーティング  
1 0 0 基板  
1 0 1 第 1 光導波路  
1 0 2 第 2 光導波路  
1 0 3 分岐部（結合部）  
1 0 4 グレーティング  
1 0 5 光ファイバ  
1 0 6 L D  
1 0 7 P D  
1 0 8 A M P  
1 1 0 クラッド  
1 1 1 コア  
1 1 2 光ファイバ

【書類名】 図面

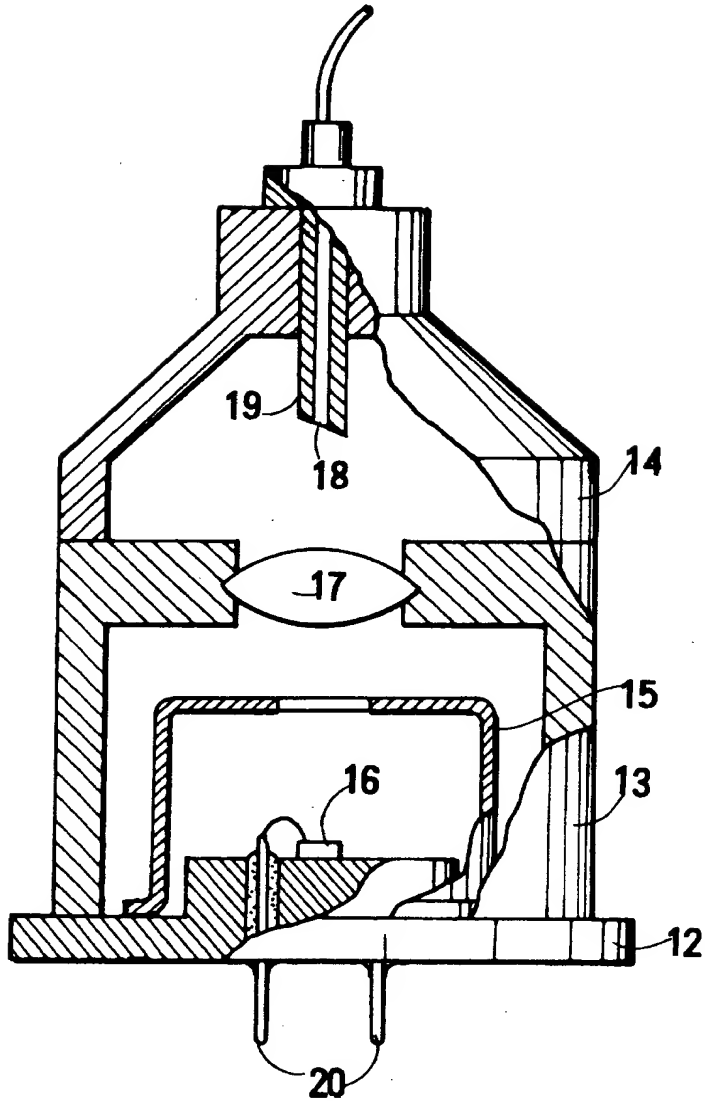
【図1】

従来例

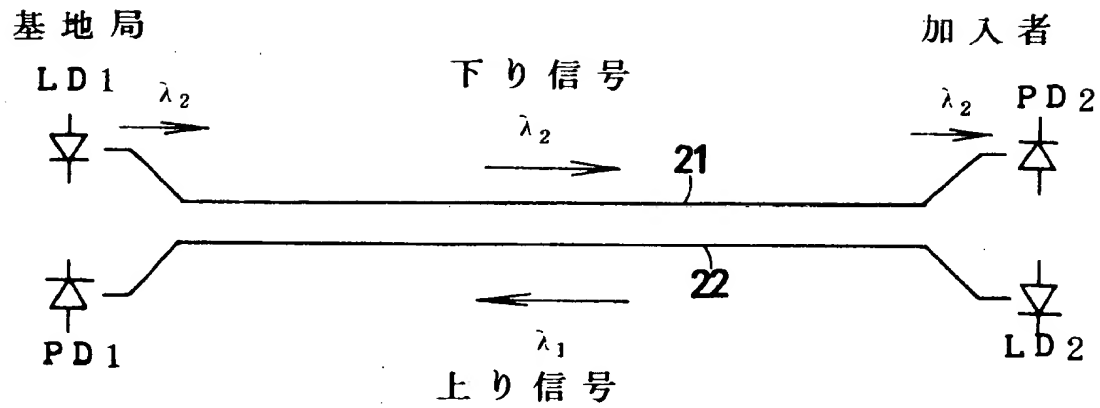


【図2】

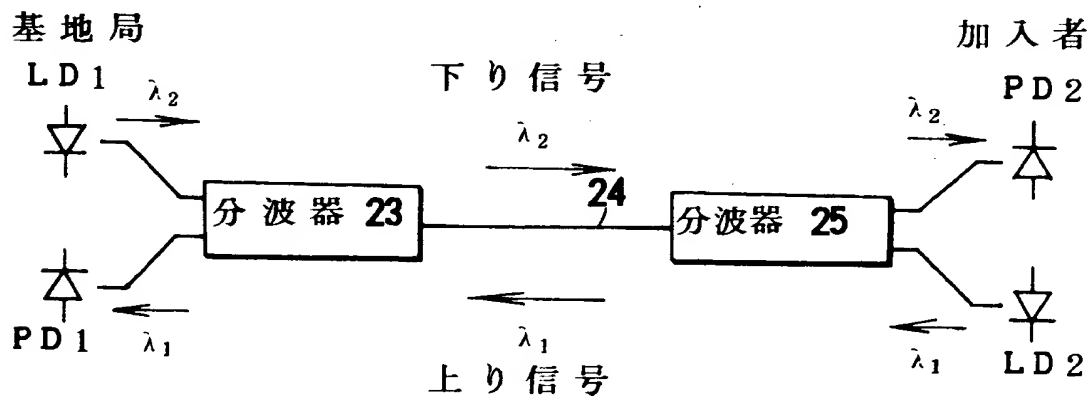
従来例



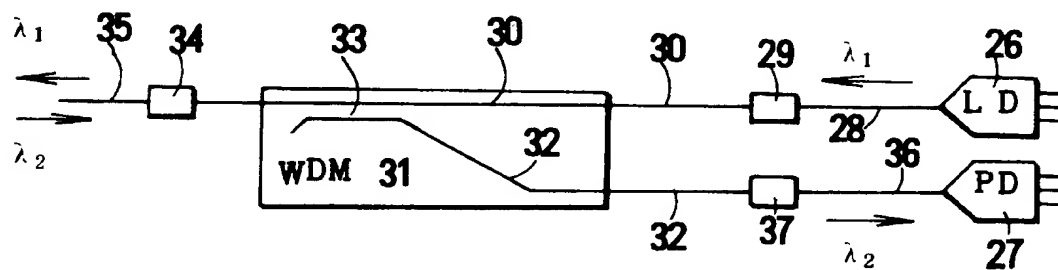
【図3】



【図4】

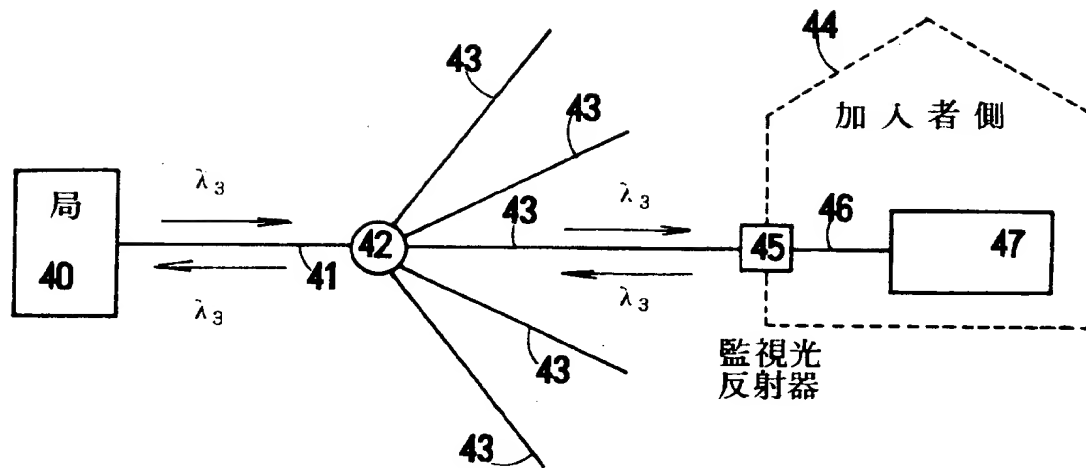


【図5】

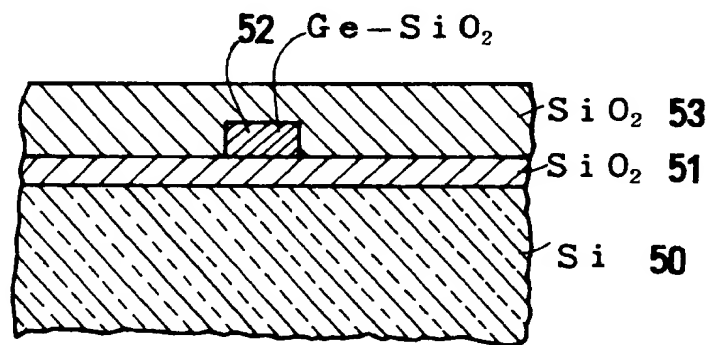




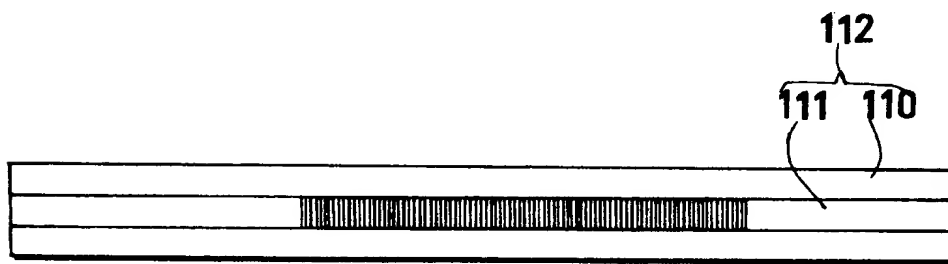
【図6】



【图7】

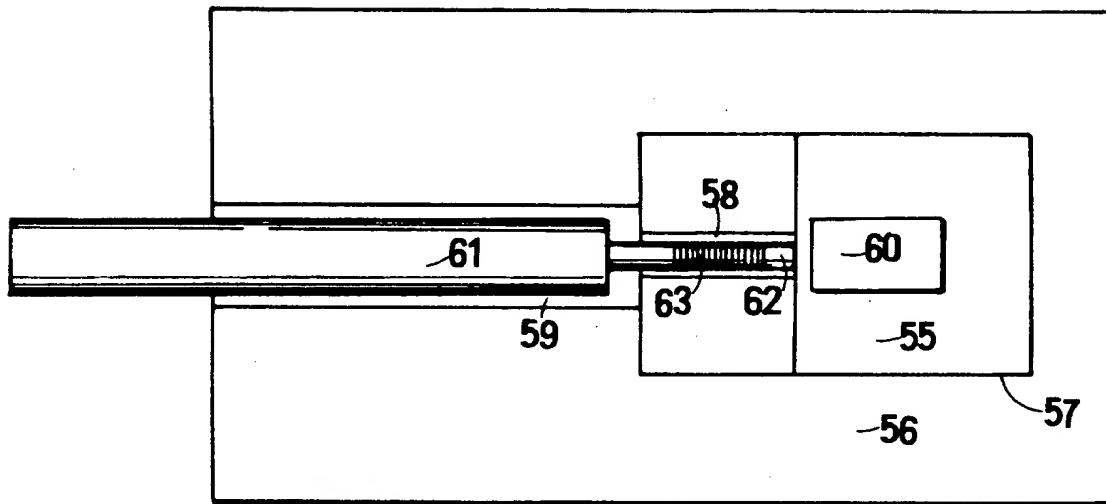


【图8】



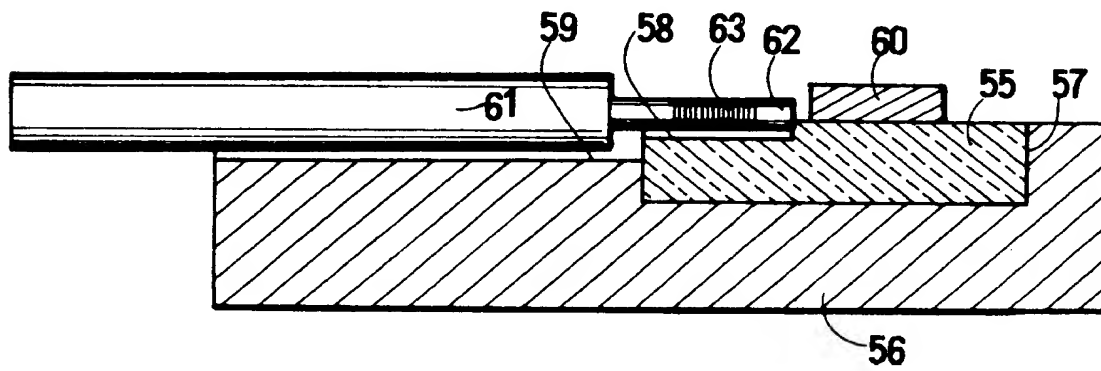
【図9】

実 施 例 1



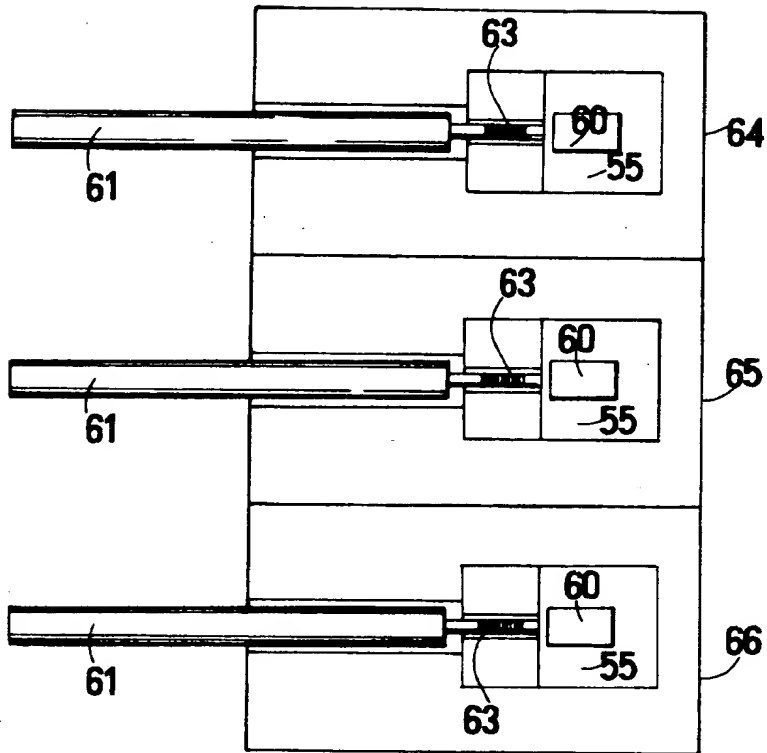
【図10】

実 施 例 1



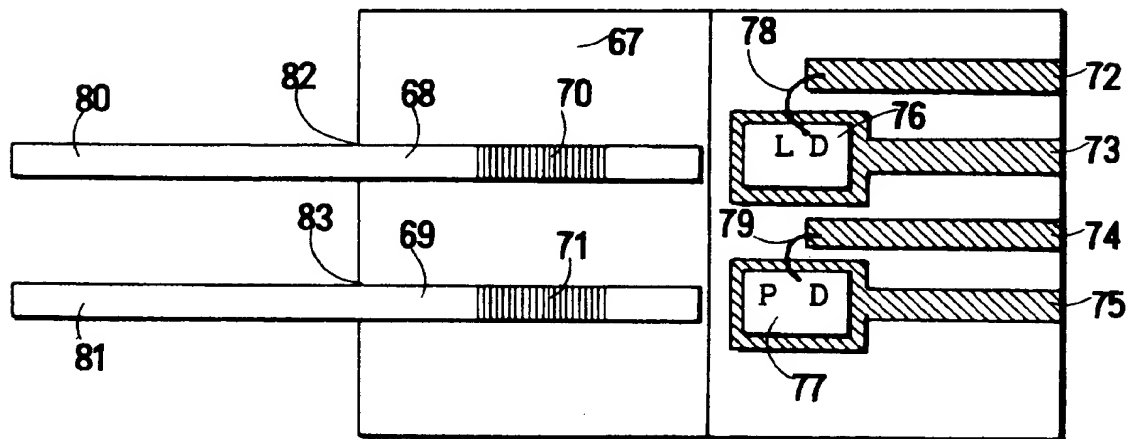
【図11】

実 施 例 2



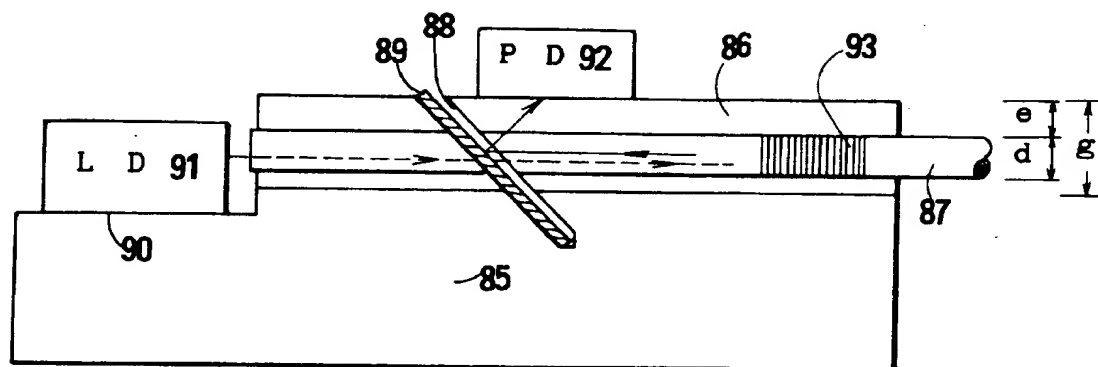
【図12】

実 施 例 3



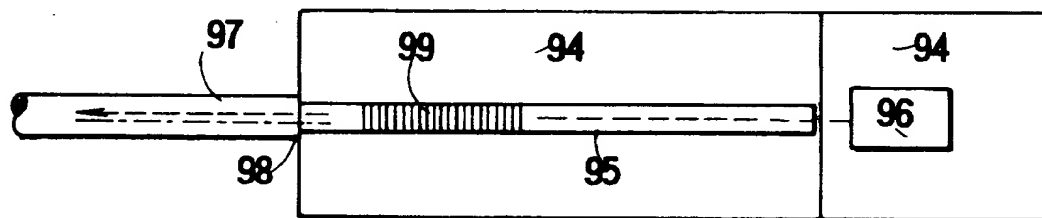
【図13】

実 施 例 4



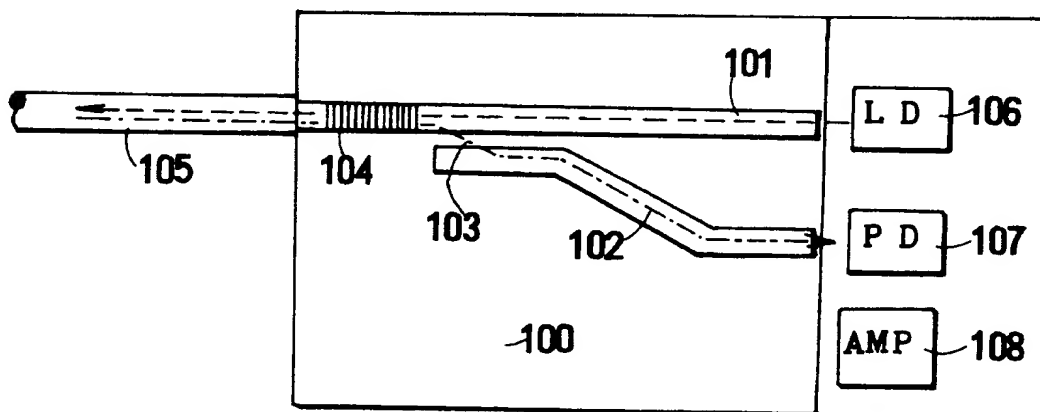
【図14】

実 施 例 5



【図15】

実 施 例 6



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光ファイバや光コネクタの故障を検出するための監視光反射器を低コストで製作すること。

【解決手段】 基板の上に光導波機構と光素子を設けた表面実装型光通信装置の光導波機構に監視光のみを選択反射するグレーティングを形成する。

【選択図】 図 9

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号 [000002130]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号  
氏 名 住友電気工業株式会社